

SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE MUDAS DE SABIÁ EM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO SOB EROSÃO SIMULADA¹

JOSÉ RONALDO COELHO SILVA²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar mudanças nas propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo relacionadas à remoção gradual de sua camada arável por meio de erosão simulada e seus efeitos na sobrevivência e crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em 1990, no Departamento de Ciência do Solo, UFC, em Fortaleza, CE, em camadas do solo de 0-15, 5-20, 10-25, 15-30, 20-35 e 25-40 cm, as quais foram removidas e acondicionadas em sacos de plástico, onde as sementes foram plantadas e as mudas desenvolveram-se por 85 dias. Maiores valores de porcentagem de argila, de água disponível, de teores de K e Ca e da CTC determinados nas camadas mais profundas não reduziram o impacto negativo da erosão na sobrevivência e crescimento das mudas, pois eles estavam associados a aumentos da saturação por Al, bem como a significativos decréscimos no pH, na matéria orgânica, na saturação por bases e nos teores de N, P e Mg no solo. À medida que a profundidade das camadas removidas aumentava, a porcentagem de sobrevivência, a altura, o peso seco das raízes e da parte aérea, bem como a biomassa seca total das plantas gradualmente decrescia; esses decréscimos foram de 16,8, 66,3, 67,1, 82,0 e 79,6%, respectivamente, na camada de 25-40 cm, em relação aos dados da camada 0-15 cm.

Termos para indexação: solo degradado, controle de erosão, produtividade do solo, plantas para controle de erosão, reflorestamento.

SURVIVAL AND GROWTH OF *MIMOSA CAESALPINIAEFOLIA* SEEDLINGS ON A RED-YELLOW PODZOLIC SOIL UNDER SIMULATED EROSION

ABSTRACT - The objective of this research was to determine changes in properties of a Red-Yellow Podzolic soil, related to the gradual removal of the plow layer through simulated erosion and its effects on survival and growth of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth seedlings. In 1990, the experiment was conducted in a greenhouse of the Universidade Federal do Ceará, in Fortaleza, CE, Brazil, in layers of 0-15, 5-20, 10-25, 15-30, 20-35 and 25-40 cm which were removed from a Red-Yellow Podzolic profile and contained in plastic bags where seeds were planted and seedlings were grown for 85 days. Higher values of clay percentage, available water, K and Ca contents and of CEC at deeper layers did not reduce the negative impact of erosion on the seedlings survival and growth since they were associated with increases of Al saturation as well as with significant decreases in pH, organic matter, base saturation and N, P and Mg contents in the soil. As depth of the removed layers increased, seedlings survival percentage, seedlings height, root and aerial part dry weights, as well as total dry biomass gradually decreased. Compared to the 0-15 cm layer, at 25-40 cm those decreases were 16.8, 66.3, 67.1, 82.0, and 79.6%, respectively.

Index terms: soil degradation, erosion control, soil productivity, erosion control plants, reforestation.

¹ Aceito para publicação em 6 de julho de 1999.

Trabalho apresentado no XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, SP, 4 a 8 de agosto de 1996.

² Eng. Agrôn., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará (UFC), Caixa Postal 12.168, CEP 60455-760 Fortaleza, CE. Bolsista do CNPq. E-mail: joesilva@ufc.br

INTRODUÇÃO

A expansão das áreas cultivadas no Ceará vem sendo realizada geralmente sem planejamento conservacionista que condicione a exploração racional da terra com base em sua capacidade de uso. Em consequência, vastas áreas de ecossistemas

insubstituíveis e ricos em biodiversidade vêm sendo destruídos para instalação de culturas em solos nos quais as florestas compõem o tipo de cobertura vegetal que proporciona o melhor uso do solo, com auto-sustentação de sua produtividade, proteção ambiental e menores riscos de perdas por erosão. O desmatamento em solos de alta erodibilidade e baixa produtividade, impróprios para culturas, vem conduzindo ao declínio no rendimento das culturas nelas implantadas sob baixo nível tecnológico. Nesses solos a erosão vem sendo acelerada, aumentando os riscos de desertificação desses frágeis ecossistemas. Silva (1990) detectou que a eliminação de florestas na região de Ibiapaba, no Ceará, provocou um aumento de 84,7% na taxa de erosão e perdas médias anuais de solo que superavam em cerca de três vezes a tolerância de perdas dos solos locais.

Sintomas da erosão acelerada e diferenças de fertilidade entre níveis de erosão são mascarados pelos efeitos da gradual adição de fertilizantes (Lal, 1985; Mokma & Sietz, 1992). Yost et al. (1985) avaliaram os efeitos da erosão na produtividade de um Oxisol no Havaí através da erosão simulada pela remoção de camadas de 10 cm e 35 cm de espessura a partir da superfície do solo, em comparação à testemunha sem nenhuma remoção. Em função de deficiências de N e P nas camadas mais profundas, verificaram significativos decréscimos no rendimento do milho, redução no crescimento de seu sistema radicular e menor eficiência no uso da água à medida que aumentava a intensidade da erosão. Enquanto com a remoção de 10 cm do horizonte superficial a produtividade do solo foi restaurada parcialmente pela adição de fertilizantes, a remoção da camada de 35 cm não permitiu sua recuperação ao nível máximo de rendimento do milho obtido no tratamento sem remoção, mesmo com a aplicação de doses elevadas de macro e micronutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos por Malhi et al. (1994) em Mollisols do Canadá, ao verificarem que a remoção artificial da camada arável desses solos de 6, 12 e 18 cm de espessura reduziu substancialmente a produtividade desses solos avaliada pelo rendimento de matéria seca de cevada (*Hordeum vulgare*) e pelo potencial de mineralização do N em condições de casa de vegetação. A adição de N, P, K e S aumentou o rendimento da cultura nas camadas sob erosão simulada, porém nessas, a pro-

dução não atingiu a que foi obtida na camada arável não erodida sob os mesmos níveis de aplicação de N e P. A germinação, crescimento e sobrevivência de mudas de árvores em camadas do solo sob erosão simulada em incrementos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm de profundidade, foi estudada por Farrish (1990) em um Ultisol de Louisiana nos Estados Unidos; a partir da perda de uma camada de 5 cm da superfície do solo, a redução gradual dos teores de N, de K, de matéria orgânica e especialmente o alto potencial de fixação de P e sua menor disponibilidade no subsolo provocou severas reduções na sobrevivência e desenvolvimento inicial de mudas de pinheiro (*Pinus taeda*).

Poucas pesquisas investigaram as correlações entre as perdas de solo por erosão e seus efeitos no potencial produtivo do solo, avaliada em função do rendimento de culturas anuais no Brasil. Em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de Ubajara (CE), Silva et al. (1985) detectaram uma redução de 27,7% no rendimento de milho em espiga e um aumento de 38% nos custos de produção do milho cultivado em uma área com erosão simulada severa em relação à testemunha com erosão laminar ligeira. Em Planaltina (DF), Dedecek (1987), após remoção artificial de camadas de 0, 2, 5, 10 e 25 cm de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, observou um gradual decréscimo na produção de soja e diminuição do efeito da adubação e calagem à medida que aumentava a espessura das camadas removidas, não sendo possível recuperar totalmente a produtividade do solo mesmo com o maior nível de adubos químicos adotado. Em cultura do milho num Podzólico Vermelho-Escuro latossólico de Piracicaba (SP) Sparovek et al. (1991) removeram camadas do solo em incrementos de 5 cm até atingir 45 cm de profundidade, detectando que a remoção de terra provocava elevada queda no rendimento de grãos de milho. Nesse estudo, foi verificado o efeito benéfico da matéria orgânica sob forma de aplicação de 10 t/ha de esterco bovino, tendo em vista que sua adição aos adubos minerais e calcário foi responsável pela recuperação no rendimento do milho mesmo com intensa remoção de terra. Nesse tratamento, a produtividade foi superior à do tratamento no qual adubos químicos e calagem, sem adubo orgânico, foram aplicados ao solo sob os diferentes níveis de erosão simulada. Sparovek et al.

(1993) estudaram, em casa de vegetação, o efeito da erosão simulada em camadas removidas em profundidades variando de 0-5 cm até 60-80 cm, com relação ao rendimento da biomassa de arroz de três Podzólicos, um Latossolo, uma Terra Roxa Estruturada, um solo Litólico, uma Areia Quartzosa e um Vertissolo de Piracicaba (SP). Nesses solos, o teor de matéria orgânica e o pH do solo, nas camadas superficiais, e o pH, P disponível e Mg trocável, em profundidade, foram os atributos que condicionaram mais significativamente o rendimento do arroz. Em dois Cambissolos e dois Latossolos de Contenda (PR), Rachwal & Dedeczek (1996) avaliaram, em condições de campo, os efeitos dos estágios de ausência de erosão, erosão leve e erosão severa na aeração, disponibilidade hídrica e produtividade da batata. Em ambos os solos, a produtividade, a disponibilidade de água e a aeração diminuíram em razão da intensidade da erosão, sendo que nos Latossolos, em melhor estado de conservação, as reduções nesses parâmetros foram menos pronunciadas. Nenhum trabalho, porém, foi realizado no sentido de estudar esse tema com relação ao desenvolvimento de árvores para reflorestamento em solos submetidos a crescentes intensidades de perdas por erosão no Estado do Ceará.

A sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) representa uma das mais úteis árvores para o reflorestamento no Ceará, tendo em vista suas características de resistência à seca, precocidade, madeira resistente à umidade, excelente para estacas, lenha e carvão e fácil renovação pela rebrotação de tocos e raízes (Braga, 1960). Além disso, as raízes dessa leguminosa podem associar-se a bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de N (Assis Júnior et al., 1986). A sabiá também proporciona significativo aporte anual de nutrientes e matéria orgânica sob forma de serrapilheira (Costa et al., 1997) e produz folhagem que constitui importante fonte de forragem, particularmente na época de escassez de chuvas (Tigre, 1968). Entretanto, desconhece-se o seu potencial para desenvolver-se em solos degradados pela erosão, nos quais essa essência florestal poderia ser utilizada como uma das opções mais promissoras para o reflorestamento das terras já em avançado risco de desertificação.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as mudanças nas propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, relacionadas à remoção gradual de sua camada arável por meio de erosão simulada, e avaliar seus efeitos na sobrevivência e crescimento inicial de mudas de sabiá.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em 1990, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, em um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto A moderado, textura arenosa/média, com vegetação natural de floresta subcaducifólia, situado no Campus do Picí da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE. O perfil desse solo apresentava um horizonte Ap (0-9 cm) com textura areia franca e estrutura moderada, grande granular, seguido de um horizonte AB (9-37 cm) franco-arenoso com estrutura moderada grande, em blocos subangulares e Bt₁ (37-84 cm) franco-argiloso com estrutura moderada grande em blocos angulares. O horizonte Bt₂ na profundidade de 84-119 cm apresentava textura argilo-arenosa com estrutura forte, grande em blocos angulares.

Foram simulados seis níveis de erosão, caracterizados pela remoção gradual de lâminas do perfil em incrementos de 5 cm a partir da superfície do solo, compondo as camadas de 0-15, 5-20, 10-25, 15-30, 20-35 e 25-40 cm. As mudanças dos atributos do solo em cada tratamento foram detectadas por meio de análises dos teores de areia, silte e argila, densidade das partículas, densidade do solo, matéria orgânica, N total, P, K, Na, Ca, Mg, Al, H + Al, CTC, saturação por bases, saturação por Al, e pH em água (1:2,5). A água disponível foi determinada pela água retida entre as tensões de -0,034 MPa e -1,520 MPa. A densidade do solo foi determinada, após a remoção das lâminas do perfil, em três amostras com estrutura indeformada, extraídas por meio de anéis com 50 cm³ de volume nos três pontos que originaram as subamostras de cada camada em estudo, expressando-se o resultado como a média das três determinações. A porosidade total, em porcentagem de volume, foi calculada pela expressão: Porosidade total = (1 - Ds/Dp).100, onde Ds e Dp são as densidades do solo e das partículas, respectivamente. Todas as análises foram realizadas seguindo-se os métodos da Embrapa (1997) em cada uma das seis camadas removidas, nas quais as amostras eram compostas de três subamostras de cada camada em estudo.

O solo correspondente a cada camada foi destorroado e acondicionado em sacos de plástico com 7 kg de terra seca em estufa a 60°C, com quatro repetições totalizando 24 unidades experimentais, em cada uma das quais semearam-se dez sementes de sabiá. As regas, na dotação de 460 mL de água para cada recipiente das mudas, foram aplicadas em intervalos de dois dias.

Em cada unidade experimental, foi avaliado o desenvolvimento das mudas, medindo-se suas alturas aos 13, 43 e 85 dias após a semeadura. A porcentagem de sobrevivência das mudas em cada tratamento foi avaliada considerando-se as plantas que cresciam aos 85 dias após a semeadura. Nessa idade das mudas, a parte aérea e as raízes de cinco plantas previamente sorteadas oito dias após a emergência e sobreviventes de cada unidade experimental foram cuidadosamente retiradas dos recipientes com jatos de água. Essas mudas, que totalizaram vinte repetições para cada nível de erosão, foram secadas em estufa por 48 horas a 65°C. As raízes foram separadas das partes aéreas, e pesadas para determinação da biomassa seca. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos correspondentes aos níveis de erosão simulada pela remoção das camadas de solo, e quatro repetições correspondentes às unidades experimentais, nas quais foram acondicionadas as amostras de cada camada para o plantio e determinação da biomassa das mudas.

Efetuiu-se uma análise da variância dos valores de todos os parâmetros biométricos avaliados, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra as principais características das camadas estudadas e suas modificações a cada incremento de 5 cm de profundidade. Maiores valores de porcentagem de argila, de água disponível, de teores de K e Ca e da CTC nas camadas mais profundas não reduziram o impacto negativo da remoção de solo pela erosão simulada na sobrevivência e crescimento das mudas (Tabela 2), pois eles estavam associados a aumentos da densidade global e saturação por Al, bem como a decréscimos no pH, matéria orgânica, saturação por bases e nos teores de N, P e Mg no solo. Esse resultado está coerente com resultados obtidos por Yost et al. (1985) e Larney et al. (1995) ao verificarem que a remoção da camada arável não pode ser compensada por umidade adequada do solo, nem mesmo por irrigação das camadas mais profundas.

TABELA 1. Características físicas e químicas de camadas de um Podzólico Vermelho-Amarelo decapitado em diferentes intensidades por erosão simulada.

Característica	Profundidade da camada (cm)					
	0-15	5-20	10-25	15-30	20-35	25-40
Areia (g kg ⁻¹)	890	810	790	760	690	620
Silte (g kg ⁻¹)	20	90	90	80	100	100
Argila (g kg ⁻¹)	90	100	120	160	210	280
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	11	8	7	5	5	6
Água disponível (g kg ⁻¹)	25	26	30	34	53	55
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,51	1,51	1,52	1,57	1,57	1,60
Porosidade total (%)	43,0	42,6	42,2	40,3	40,3	38,9
pH em água (1:2,5)	5,4	5,2	5,2	5,1	5,0	5,1
N total (g kg ⁻¹)	1,0	0,9	0,7	0,6	0,4	0,6
P (mg dm ⁻³)	7,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
K ⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	1,7	1,4	1,7	1,7	1,8	2,2
Ca ²⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	12,0	8,0	9,0	7,0	9,0	13,0
Mg ⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	9,0	4,0	4,0	3,0	4,0	7,0
Na ⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	1,2	1,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Valor S (mmol _c kg ⁻¹)	23,9	14,5	14,8	11,8	14,9	22,3
CTC (mmol _c kg ⁻¹)	31,9	22,5	21,8	18,8	22,9	32,3
V (%)	74,9	64,4	67,9	62,8	65,1	69,0
H ⁺ + Al ³⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	8,0	8,0	7,0	7,0	8,0	10,0
Al ³⁺ (mmol _c kg ⁻¹)	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
m (%)	0,0	4,5	4,5	5,3	4,2	3,0

TABELA 2. Porcentagem de sobrevivência e altura das mudas de sabiá crescendo em um Podzólico Vermelho-Amarelo sob seis níveis de erosão simulada¹.

Profundidade das camadas (cm)	Sobrevivência (cm)	Período após o plantio (dias)		
		13	44	85
		----- Altura (cm) -----		
0-15	92,5a	18,1a	40,5a	48,3a
5-20	90,0a	16,2b	29,5b	32,6b
10-25	90,0a	13,3c	21,4c	24,4c
15-30	80,0a	13,2cd	18,4cd	20,7cd
20-35	70,0b	12,2cd	17,1d	19,6de
25-40	77,0a	11,4d	15,5d	16,3e
C.V. (%)	10,7	18,3	40,4	43,9

¹ Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento da profundidade de remoção do solo e o correspondente decréscimo nos teores de matéria orgânica e de alguns nutrientes provocaram diminuições nas porcentagens de sobrevivência e na altura das mudas em todas as datas de avaliações (Tabela 2). Essa redução foi se acentuando com o tempo, quando as mudas desenvolvidas nas camadas mais profundas praticamente esgotaram as limitadas reservas de N total e P nessas camadas. Dessa forma, observa-se que aos 85 dias as mudas sofreram uma redução de 67% na sua altura, quando seu crescimento na camada sob maior intensidade de erosão simulada (25-40 cm) foi comparado ao da camada sem remoção de solo (0-15 cm). Aos 85 dias após o plantio, as mudas sobreviventes nas camadas com 15, 20 e 25 cm de solo removido apresentavam também visíveis sinais de clorose, com sintomas de deficiência de N, queda de folhas e murchamento.

Com relação à produtividade do solo, avaliada por intermédio da biomassa das mudas, detectou-se que, seguindo a mesma tendência observada na altura das plantas, o aumento da camada removida provocou uma expressiva redução na capacidade produtiva (Fig. 1).

Na camada de 5 cm de erosão simulada as biomassas da parte aérea e total diminuíram significativamente em 36,2% e 27,6%, respectivamente, em relação à camada arável íntegra, sem remoção (0 cm). Aumentando-se a profundidade de remoção das camadas até 15 cm, verificou-se também uma gradual redução dessas biomassas, não se verificando, porém, diferenças significativas entre seus valores e

os das camadas removidas a 20 cm e 25 cm. No nível mais severo de erosão (25 cm), esses parâmetros atingiram reduções de 67,1% e 79,6% em comparação à camada arável sem remoção (Fig. 1.) Os resultados mostram, ainda, um decréscimo significativo na biomassa das raízes (52,6%) a partir de 10 cm de solo removido, quando o teor de P no solo apresentou uma queda brusca de 7 mg dm⁻³ para 1 mg dm⁻³ e o de N diminuiu de 1 g kg⁻¹ para 0,6 g kg⁻¹ (Tabela 1). Em pesquisas de erosão simulada semelhantes à do presente estudo, também foi observado o impacto negativo da deficiência de N e P no rendimento das

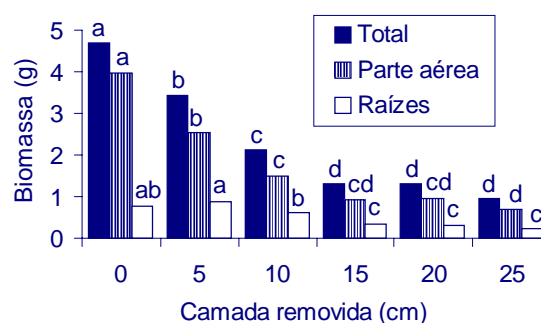


FIG. 1. Valores médios da biomassa seca total, da parte aérea e da raiz de mudas de sabiá crescendo em Podzólico Vermelho-Amarelo sob seis níveis de erosão simulada. Médias com letras iguais nas barras de cada biomassa não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

plantas, quando diminuiu a disponibilidade desses elementos ao aprofundar-se a lâmina de solo removida, tanto em essência florestal (Farrish, 1990), quanto em culturas anuais (Yost et al., 1985; Malhi et al., 1994).

A diminuição do teor de matéria orgânica do solo com o aumento da profundidade (Tabela 1) e sua influência na redução da produtividade do solo também foram detectadas em diversos trabalhos em solos tropicais (Lal, 1985, 1988; Dedeczek, 1987; Sparovek et al., 1993; Leitão, 1995). A baixa atividade das argilas da classe de solo em estudo sugere o relevante papel da matéria orgânica como condicionante de maior produtividade do solo na camada não erodida, onde sua maior presença influencia a gênese de uma boa estrutura do solo, a disponibilidade de água, a reserva de nutrientes, a diminuição de perdas por lixiviação e a melhoria da atividade biológica do solo (Lal, 1984).

Deve considerar-se, ainda, que na profundidade de 15-30 cm também o Ca e Mg apresentaram uma redução de 41,6% e 66,7% em relação à camada sem remoção (0-15 cm), agravando o quadro de deficiência desses nutrientes, cujos teores já são baixos mesmo nessa camada onde não houve remoção de solo (Tabela 1). As deficiências de Ca e Mg (Dedeczek, 1987) e de Mg (Sparovek et al., 1993) também foram detectadas como condicionadores da diminuição da produtividade do solo sob diferentes níveis de erosão simulada em culturas anuais.

A densidade do solo e a porosidade não foram avaliadas nas condições de solo destorroado das amostras das camadas. Entretanto, é provável que a partir de 10 cm de profundidade o aumento da densidade do solo e conseqüente redução da porosidade total determinadas com estrutura natural nas seis profundidades do perfil (Tabela 1) também influenciariam negativamente o crescimento das mudas, se desenvolvidas em condições de campo.

O maior rendimento em biomassa das mudas em crescimento no substrato do solo não degradado pela erosão (camada de 0-15 cm) é um indicativo da importância da conservação do solo como uma estratégia indispensável à produtividade sustentada e economia no reflorestamento do solo em estudo, evitando-se aumento de custos com recuperação física e química das más condições edáficas detectadas nas camadas erodidas (Mbagwu et al., 1984; Lal, 1985; Silva et al., 1985; Dedeczek, 1987; Xu & Prato, 1995).

CONCLUSÃO

A remoção gradual da camada arável por erosão simulada diminui as taxas de sobrevivência e de desenvolvimento de mudas de sabiá.

REFERÊNCIAS

- ASSIS JÚNIOR, R.N.; ALMEIDA, R.T.; VASCONCELOS, I. Testes preliminares de inoculação cruzada em leguminosas arbóreas do Ceará. **Ciência Agromômica**, Fortaleza, v.17, p.107-111, 1986.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 2.ed. Fortaleza : Imprensa Oficial, 1960. 540p.
- COSTA, G.S.; ANDRADE, A.G.; FARIA, S.M. de. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários**. Viçosa : Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/UFV, 1997. p.344-349.
- DEDECEK, R.A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.323-328, 1987.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FARRISH, K.W. Effects of soil loss on emergence and growth of loblolly pine. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.45, p.415-417, 1990.
- LAL, R. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny : Soil and Water Conservation Society, 1988. p.187-200.
- LAL, R. Productivity assessment of tropical soils and the effects of erosion. In: RIJSBERMAN, F.R.; WOLMAN, M.G. (Eds.). **Quantification of the effect of erosion on soil productivity in an international context**. Delft : Hydraulics Laboratory, 1984. p.70-94.

- LAL, R. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In: EL SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C.; LO, A. (Eds.). **Soil erosion and conservation**. Ankeny : Soil Conservation Society of America, 1985. p.237-247.
- LARNEY, F.J.; IZAURRALDE, R.C.; JANZEN, H.H.; OLSON, B.M.; SOLBERG, E.D.; LINDWALL, C.W.; NYBORG, M. Soil erosion-crop productivity relationships for six Alberta soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.50, p.87-91, 1995.
- LEITÃO, H.H.F. **Propriedades, erodibilidade e produtividade de camadas de Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico e Cambissolo eutrófico, submetidas à erosão simulada**. Fortaleza : Universidade Federal do Ceará, 1995. 106p. Dissertação de Mestrado.
- MALHI, S.S.; IZAURRALDE, R.C.; NYBORG, M.; SOLBERG, E.D. Influence of topsoil removal on soil fertility and barley growth. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.49, p.96-101, 1994.
- MBAGWU, J.S.C.; LAL, R.; SCOTT, T.W. Effects of desurfacing of alfisols and ultisols in Southern Nigeria: I. Crop performance. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.48, p.828-833, 1984.
- MOKMA, D.L.; SIETZ, M.A. Effects of soil erosion on corn yields on Marlette soils in south-central Michigan. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.47, p.325-327, 1992.
- RACHWAL, M.F.G.; DEDECEK, R.A. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em Cambissolos e Latossolos com diferentes níveis de erosão sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.485-491, 1996.
- SILVA, J.R.C.; COELHO, M.A.; MOREIRA, E.G.S.; OLIVEIRA NETO, P.R.O. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.16, p.55-63, 1985.
- SILVA, J.R.C. **A conservation planning approach for Brazilian soils using a geographic information system**. Ithaca : Cornell University, 1990. 280p. Ph.D. Thesis.
- SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P.; SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.363-368, 1991.
- SPAROVEK, G.; JONG, Q. L. van; ALOISI, R.R.; VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.465-470, 1993.
- TIGRE, C.B. **Silvicultura para as matas xerófilas**. Fortaleza : Departamento Nacional de Obras contras as Secas, 1968. 180p.
- XU, F.; PRATO, T. On-site erosion damages in Missouri corn production. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.50, p.312-316, 1995.
- YOST, R.S.; EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W.; LO, A.K.F. The influence of simulated soil erosion and restorative fertilization on maize production on an Oxisol. In: EL SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C.; LO, A. (Eds.). **Soil erosion and conservation**. Ankeny : Soil Conservation Society of America, 1985. p.248-261.